

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 195 11 392 A 1

51 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
H 01 L 21/60  
H 01 R 4/02  
B 23 K 1/005  
// (B23K 101:36)

21 Aktenzeichen: 195 11 392.6  
22 Anmeldetag: 28. 3. 95  
43 Offenlegungstag: 5. 10. 95

30 Innere Priorität: 32 33 31  
31.03.94 DE 44 11 395.1

71 Anmelder:  
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der  
angewandten Forschung e.V., 80636 München, DE

72 Erfinder:  
Krabe, Detlef, Dr., 14471 Potsdam, DE; Reichl,  
Herbert, Prof. Dr., 14193 Berlin, DE; Wolf, Jürgen,  
Dipl.-Ing., 13351 Berlin, DE

54 Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung von Lothöckern

57 Die Erfindung beschreibt ein Verfahren zur Herstellung von Lothöckern auf einem oder mehreren vorbestimmten, lötbaren oder nicht lötbaren Bereichen einer Oberfläche, insbesondere elektrischer Anschlußflächen, wobei Lotmaterial für die herzustellenden Lothöcker in unmittelbarer Nähe der mit Lothöcker zu versehenen Oberflächenbereiche gebracht wird und ferner dieses Lotmaterial mit energiereicher Strahlung in einem oder mehreren örtlich begrenzten Gebieten aufgeschmolzen wird und weiterhin das in einem örtlich begrenzten Gebiet aufgeschmolzene und zu einer Lotperle sich zusammenziehende Lotmaterial einen vorbestimmten Oberflächenbereich benetzt, wobei ein Lothöcker ausgebildet wird, dessen Form zur Herstellung einer Lötverbindung besonders gut geeignet ist. Insbesondere kann das erfindungsgemäße Verfahren in gleicher Art und Weise benutzt werden, um nicht oder schwer lötbare Schichten mit einer lötbaren oder gut lötbaren Schicht zu versehen, auf die anschließend die Lotschicht aufgebracht wird. Bei bekannten Verfahren wird das Aufbringen des Lotmaterials und das Umschmelzen zum Ausbilden eines wohlgeformten Lothöckers in getrennten Verfahrensschritten mit verschiedenen und meist aufwendig zu handhabenden Apparaturen durchgeführt. Bei der Erfindung erfolgt hingegen das Bereitstellen des Lotmaterials für einen Lothöcker und das Umschmelzen in einem einzigen Verfahrensschritt, nämlich durch das Aufschmelzen des Lotmaterials im Laserstrahl und der Ausbildung einer ...

DE 195 11 392 A 1

DE 195 11 392 A 1

## Beschreibung

## Technisches Gebiet

Die Erfindung beschreibt ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Herstellung von Lothöckern auf einem oder mehreren lötbaren oder nicht lötbaren Oberflächenbereichen, insbesondere auf elektrischen Anschlußflächen.

Anwendungsgebiete der Erfindung liegen vor allem in der Aufbau- und Verbindungstechnik für mikroelektronische, -mechanische und -optische Bauelemente und Komponenten. Insbesondere ist die Erfindung zur Kontaktierung und Montage von Halbleiterbauelementen in Face-Down-Lage (Flip-Chip-Technik), für Zwischenträger (Ball-Grid-Arrays) oder zur mechanischen Fixierung von integrierten optischen Aufbauten in Mikrosystemen anwendbar.

## Stand der Technik

Anschlußkontakte von Verdrahtungsträgern und elektronischen Bauelementen können durch Drahtbonds oder Lötverbindungen oder weiteren Verbindungsträgern (z. B. leitfähigen Klebern) verbunden werden. Während bei der Anwendung von Drahtbonds sich ein ungehäustes Bauelement in Face-Up-Lage auf dem Verdrahtungsträger befindet, wird ein Bauelement durch Lothöcker in Face-Down-Lage mit dem Verdrahtungsträger verbunden. Seit einigen Jahren wird versucht, Lötverbindungen und damit Lothöcker auch auf kleinen Kontaktflächen mit Durchmessern von ca. 20 µm bis ca. 1 mm herzustellen. Die Applikation der dafür notwendigerweise kleinen Lotmengen stellt dabei ein allgemeines Problem dar, welches bisher dadurch gelöst wird, daß in einem ersten Schritt kleine Lothöcker (Solder-Bumps oder Balls) auf die Anschlußflächen bzw. -kontakte der Substrate oder Bauelemente aufgebracht werden. Mit dieser Lotmenge wird in einem zweiten Schritt durch Umschmelzen und Benetzung des Partnerkontaktes eine Verbindung über das Lotmaterial hergestellt. Die aufgetragenen Lothöcker dienen daher einerseits als Lotdepot für den Verbindungsprozeß und stellen andererseits zwischen Bauteil und Verdrahtungsträger oder Substrat eine mechanische sowie elektrisch und thermisch leitfähige Verbindung her.

Bei bekannten Verfahren zum Aufbringen der Lothöcker treten Schwierigkeiten insbesondere dann auf, wenn die Anschlußflächen aus schnelloxidierenden Metallen, insbesondere aus Aluminium oder Aluminiumlegierungen, bestehen. Auf Aluminiumoberflächen bildet sich bei Luftkontakt eine geschlossene Oxidschicht, die ein direktes Löten der Anschlußflächen verhindert bzw. stark erschwert. Aus diesem Grund werden bekanntermaßen lötbare Metallisierungsschichten zusätzlich auf die Anschlußflächen aufgebracht. Dazu werden bisher Vakuumverfahren, wie etwa das Sputtern oder das Aufdampfen, oder chemische Verfahren, wie z. B. chemisch-reduktive Bäder, eingesetzt.

Vor der Anwendung dieser Verfahren bzw. in diese integriert ist es erforderlich, in einem eigenen Prozeßschritt die Oxidschicht abzutragen oder zu durchbrechen. Dies ist mit einem großen apparativen Aufwand verbunden.

Bei lötbaren Oberflächen, insbesondere elektrischen Anschlußflächen, werden die Lothöcker nach bekannten Verfahren dadurch erzeugt, daß zunächst das Lot-

material auf die lötbare Oberfläche aufgebracht und im nachfolgenden Umschmelzprozeß (Reflowprozeß) eine Homogenisierung und Umformung der Lothöcker erzielt wird.

Für den ersten Schritt, nämlich der Applikation des Lotmaterials auf der lötbaren Oberfläche, werden bekannte Verfahren eingesetzt, wie z. B. die Vakuumbeschichtung (etwa Sputtern oder Bedampfung) über Metallmasken oder fotolithografisch erzeugte Fotolackmasken; oder die fotolithografische Strukturierung mit nachfolgender naßchemischer Abscheidung, letztere wahlweise galvanisch oder/und außenstromlos; oder dem Dispensieren oder Siebdrucken von als Paste vorliegendem Lotmaterial; und nicht zuletzt dem Aufbringen einzelner Lotstückchen in Form von Plättchen, Kugeln oder Ringen.

Der zweite Schritt, der Umschmelzprozeß, erfolgt üblicherweise in Öfen, wobei sowohl die Bauelemente oder Verbindungsträger als auch die aufgetragene Lotmaterialschicht nach einem definierten Zeit- und Temperaturverlauf bis über die Schmelztemperatur des Lotmaterials erwärmt werden. Diese Verfahren werden teilweise in inerten Gasen (z. B. Stickstoff) oder reduzierenden Medien (z. B. Wasserstoff) oder aber unter Zuhilfenahme von Flußmitteln durchgeführt. Durch die Wirkung der Oberflächenspannung des flüssigen Lotmaterials wird der Lothöcker beim Erstarren geformt.

Nachteilig bei den bekannten Verfahren ist der hohe zeitliche und apparative Aufwand, sowohl beim Aufbringen der Lotmaterialschicht als auch beim Umschmelzprozeß, sowie die Zweistufigkeit der bekannten Verfahren bestehend aus einem Lotmaterialapplikationsschritt und einem Umschmelzprozeß. Insbesondere sind mit hohem Zeitaufwand herzustellende Masken notwendig, damit die Lothöcker auf den gewünschten Anschlußflächen hergestellt werden können.

Aus der DE 40 38 765 ist ein Verfahren zum Beschriften und Benetzen eines Substrates mit Lot, insbesondere in Folienform, bekannt, wobei das Lotmaterial über dem Substrat in Folienform angeordnet ist und mit Hilfe eines Laserstrahles aus dieser Lotfolie ein Lotplättchen ausgeschnitten und dem Substrat zugeführt und aufgeschmolzen wird. Bei diesem Verfahren werden Lotplättchen ausgeschnitten, deren Größen mit den vergleichsweise großen Kontaktflächen von mehreren mm<sup>2</sup> für Bauelemente der Leistungselektronik übereinstimmen. Nachteilig ist einerseits, daß nur eine Belotung lötbare Oberflächenbereiche möglich ist und daß die Belotung in Form eines Lotüberzuges erfolgt. Ein weiterer Nachteil liegt darin, daß beim Übergang zu kleineren Kontaktflächen das Ausschneiden von Lotplättchen aus der Folie nicht mehr möglich ist und statt dessen die Laserstrahlung in die Folie nur noch ein Loch brennt. Die unter der Wirkung der Laserstrahlung aufschmelzende Randzone dehnt sich auch auf das Plättchenzentrum aus, wobei aufgrund der Oberflächenspannung des geschmolzenen Lotes eine entstehende Lotperle am Rande des Folienausschnittes verbleibt.

## Darstellung der Erfindung

Ausgehend von dem oben dargelegten Stand der Technik ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Herstellung von Lothöckern auf lötbaren oder nichtlötbaren Oberflächenbereichen derart anzugeben, daß definiert geformte Lothöcker selektiv auf den Oberflächenbereichen mit geringem gerätetechnischem Aufwand, h h r Genauig-

keit und Homogenität in kurzer Zeit herstellbar sind.

Eine erfindungsgemäße Lösung dieser Aufgabe besteht in einem Verfahren zur Herstellung von Lothöckern auf lötbaren oder nichtlötbaren Oberflächenbereichen gemäß den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 sowie einer Vorrichtung zur Herstellung solcher Lothöcker nach Anspruch 26. Bevorzugte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen aufgeführt.

Das erfindungsgemäße Verfahren beinhaltet die Herstellung von Lothöckern auf einem oder mehreren vorbestimmten, lötbaren oder nicht lötbaren Bereichen einer Oberfläche, insbesondere auf elektrischen Anschlußflächen, wobei das Lotmaterial über die mit Lothöckern zu versehenden Oberflächenbereiche gebracht wird und ferner mit energiereicher Strahlung dieses Lotmaterial in einem oder mehreren örtlich begrenzten Gebieten aufgeschmolzen wird und weiterhin das in einem örtlich begrenzten Gebiet aufgeschmolzene Lotmaterial einen vorbestimmten Oberflächenbereich benetzt wobei ein Lothöcker ausgebildet wird, dessen Form zur Herstellung einer Lötverbindung besonders gut geeignet ist.

In einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die nichtlötbaren oder schwer lötbaren Oberflächenbereiche in vorgelagerten Verfahrensschritten zunächst mit einer lötbaren bzw. gut lötbaren Metallisierungsschicht versehen.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird das Lotmaterial als feinkörnige Lotpaste auf die mit Lothöckern zu versehenden lötbaren Oberflächenbereiche aufgebracht. Dabei sind vorteilhafterweise keine Schutz- oder/und Formiergase notwendig. Das Aufbringen der Lotpastenschicht kann entweder unstrukturiert oder auch strukturiert erfolgen; im letzteren Falle etwa so, daß nur die vorbestimmten Oberflächenbereiche mit Lotpaste überzogen werden. Insbesondere für Ultra-Fine-Pitch-Anwendungen sind feinkörnige Lotpasten von besonderem Vorteil. Die Ausbildung eines Lothöckers erfolgt durch gezielte Einwirkung energiereicher Strahlung und Absorption durch die applizierte Lotmaterialschicht im gewünschten Oberflächenbereich. Die absorbierte Energie innerhalb des Strahldurchmessers führt zur örtlich begrenzten Temperaturerhöhung, zum Aufschmelzen des Lotes und zur Benetzung der Oberfläche, wobei sich unter der Wirkung der Oberflächenspannung des aufgeschmolzenen Lotes ein wohlgeformter und geometrisch wohldefinierter Lothöcker ausbildet. Bei schnelloxidierenden und damit schwer lötbaren Oberflächenbereichen bewirkt dabei ein in der Lotpaste vorhandenes Flußmittel das Aufbrechen der Oxidschicht auf den vorbestimmten Oberflächenbereichen, so daß die von der Oxidschicht befreiten Oberflächenbereiche für das Lotmaterial benetzbar sind. Die Lotmaterialmenge eines Lothöckers wird dabei durch die Strahlgeometrie, insbesondere den Strahldurchmesser, der energiereichen Strahlung und die Dicke der Lotmaterialschicht bestimmt. Nach der Herstellung der Lothöcker auf den vorbestimmten Oberflächenbereichen wird die verbliebene restliche Lotpaste auf bekannte Art und Weise von der Oberfläche abgespült.

In einem anderen Ausführungsbeispiel der Erfindung befindet sich zur Vorbereitung der Benetzbarkeit der Metalloberfläche mit Lot ein Transfermaterial auf einem Träger, der vorzugsweise als planparallele Platte ausgebildet ist. Diese wird parallel zur mit Lothöckern zu versehenden Oberfläche ausgerichtet, wobei auf der zu dieser Oberfläche zugewandten Seitenfläche der

Trägerplatte das Material schichtförmig aufgebracht ist. Die Materialschichtdicke liegt dabei typischerweise zwischen 50 nm und 500 nm. Die Art des Transfermaterials und dessen Schichtdicke sind auf die mit Lothöckern zu versehende Oberfläche, auf deren Material, deren Oxidschicht und die Prozeßparameter abgestimmt. Dieses erfolgt in der Art, daß sich aus dem Material der mit Lothöckern zu versehenden Oberfläche und dem Material auf der Trägerplatte unter definierter Energieeinwirkung eine nichtoxidierende, gut lötbare Metalloberfläche bilden kann.

Die Energieeinwirkung erfolgt während des Materialtransfers von Teilen der Materialschicht von der Trägerplatte auf die mit Lothöckern zu versehende Oberfläche. Zu diesem Zweck wird eine energiereiche Strahlung auf der zur mit Lothöckern zu versehenden Oberfläche abgewandten Seitenfläche der Trägerplatte beaufschlagt. Nach dem Durchdringen der Trägerplatte erreicht die energiereiche Strahlung die Materialschicht und tritt mit dieser in Wechselwirkung, wobei die Materialschicht verdampft und durch Kondensation auf der gegenüberliegenden Oberfläche abgeschieden wird. Während dieses Materialtransfers kommt es zu einer Oberflächenmodifikation der zunächst nicht oder nur sehr schwer lötbaren Oberfläche, auf der ein oder mehrere Lothöcker erzeugt werden sollen. Es kommt zu einem Aufbrechen der Oxidschicht und zur Bildung einer lötbaren Mischung oder/und Legierung von Oberflächen- und Transfermaterial.

In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird für die energiereiche Strahlung ein Impuls-Laser verwendet, dessen Strahlintensität zum Materialtransfer ausreicht. Als Trägerplatte wird am besten eine planparallele Glasplatte verwendet. Eine Ablenkeinrichtung für den Laserstrahl ist vorzugsweise aus galvanooptischen Komponenten und/oder Spiegeln aufgebaut, da hiermit eine schnell Strahlablenkung realisierbar ist. Die Relativbewegung von Laserstrahl und Trägerplatte zueinander kann jedoch auch durch andere Systeme erzeugt werden.

Auf diese lötbare Metallisierungsschicht wird zur Herstellung eines Lothöckers ein zweiter Glasträger mit einer 20 µm—500 µm dicken Lotschicht (z. B. eutektisches Blei/Zinn-Lot) aufgelegt wobei sich diese Lotschicht in direktem Kontakt mit der Metallisierungsschicht befindet. Im Bereich der lötbaren Metallisierungsschicht wird diese Lotschicht mit der den Glasträger durchdringenden intensiven Strahlung erhitzt und zum Schmelzen gebracht. Das aufgeschmolzene Lotmaterial benetzt die lötbare Metallisierungsschicht der Anschlußfläche und bildet infolge der Oberflächenspannung unter Ablösung vom nichtaufgeschmolzenen umgebenden Lotmaterial im vorbestimmten, lötbaren Oberflächenbereich einen wohldefinierten Lothöcker. Vorteilhaft ist dabei, daß sonst oft übliche Lötstoppsmasken nicht erforderlich sind. Ein weiterer wesentlicher Vorteil der Erfindung liegt darin, daß nämlich die Applikation des Lotmaterials und das Umschmelzen mit dem Benetzen der Oberfläche und der Ausbildung des Lothöckers in einem einzigen Verfahrensschritt erfolgt.

Das Material der Trägerplatte wird vorteilhaft so gewählt, daß es die energiereiche Strahlung möglichst wenig absorbiert und zudem deren Strahlprofil zumindest nicht wesentlich beeinflusst. Ein wichtiger Parameter ist hierbei der Strahldurchmesser  $r$ , innerhalb dessen die Strahlungsintensität einen vorgegebenen Mindestwert zum Aufschmelzen des Lotmaterials übersteigt. Eine annähernd symmetrische Intensitätsverteilung ist neben

einem homogenen Schichtaufbau der Lotmaterialschicht auf der Trägerplatte für eine definierte, gleichmäßige Benetzung auf dem vorbestimmten Oberflächenbereich und für die Ausbildung des Lothöckers vorteilhaft.

In einem weiteren Ausführungsbeispiel wird der Strahldurchmesser durch Fokkussierung der energiereichen Strahlung verringert und somit die örtliche Selektivität erhöht. Weiterhin wird eine Erhöhung der örtlichen Selektivität beim erfindungsgemäßen Verfahren dadurch erreicht, daß die mit dem jeweiligen Material beschichtete Trägerplatte am besten in direkten Kontakt mit der mit Lothöcker zu versehenden Oberfläche gebracht wird, etwa dadurch, daß die Trägerplatte auf diese Oberfläche aufgelegt und gegebenenfalls mit einer Ansaugeneinrichtung in ihrer Lage gehalten wird.

Ein besonderer Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens ist, daß sehr kleine Lothöcker mit einer hohen Genauigkeit selektiv herstellbar sind. Dazu wird die energiereiche Strahlung durch Blenden und/oder Fokussiereinrichtungen so beeinflusst, daß ein sehr kleiner Strahldurchmesser in der Ebene der Lotmaterialschicht auf der Trägerplatte erreicht wird. Weiterhin ist vorteilhaft, daß die innerhalb des Strahldurchmessers absorbierte Energie nur zu einer örtlich begrenzten Temperaturerhöhung des bestrahlten Werkstücks führt und dennoch ein Aufschmelzen des Lotes und eine Benetzung der Oberfläche erreicht wird, wobei sich unter der Wirkung der Oberflächenspannung des aufgeschmolzenen Lotes in gewünschter Weise ein wohlgeformter und geometrisch wohldefinierter Lothöcker ausbildet. Zudem kann eine Relativbewegung dieses Energiestrahls durch vorzugsweise programmierbare Positioniereinrichtungen und/oder Ablenkeinrichtungen über die mit Lothöckern zu versehende Oberfläche erreicht werden. Eine Abschalt- oder Abblendeinrichtung für den Energiestrahle ermöglicht es, nur die mit Lothöckern zu versehenden Oberflächenbereiche mit der energiereichen Strahlung zu beaufschlagen. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ist zufolge des einstellbaren, sehr kleinen Strahldurchmessers des Energiestrahles sowie dessen Positionierung eine deutlich höhere Flächendichte von Lothöckern erreichbar, z. B. für Ultra-Fine-Pitch-Anwendungen.

In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird für die energiereiche Strahlung ein CW(continuous wave)-Laser verwendet, dessen Energiestrahlungsdichte zum Aufschmelzen des Lotmaterials innerhalb des Strahldurchmessers ausreicht. Als Trägerplatte wird am besten eine planparallele Glasplatte verwendet. Eine Ablenkeinrichtung für den Laserstrahl ist vorzugsweise aus galvanooptischen Komponenten und/oder Spiegeln aufgebaut, da hiermit eine schnelle Strahlablenkung realisierbar ist. Die Relativbewegung von Laserstrahl und Trägerplatte zueinander kann jedoch auch durch andere Systeme erzeugt werden.

Weitere Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens bestehen darin, daß die Herstellung von miniaturisierten Lothöckern ohne fotolithografische Prozesse auskommt, insbesondere Masken nicht notwendig sind. Für schnelloxidierende Oberflächen, etwa Aluminiumoberflächen, werden schwierig handzuhabende Prozesse mit aggressiven Beizen, die aufgrund der Nichtselektivität auch andere Bereiche der Oberfläche angreifen, für die Oxidschichtentfernung überflüssig. Zudem erfordert das erfindungsgemäße Verfahren keinen aufwendigen Umgang mit Gasen, Flüssigkeiten oder metallorganischen

Stoffen und benötigt keinen Einsatz aufwendiger Vakuumtechnik. Desweiteren hat das erfindungsgemäße Verfahren den großen Vorteil, daß die Temperaturbelastung der Bauelemente oder der Verdrahtungs- bzw. Substratträger sehr gering ist. Denn das Umschmelzen des aufgeschmolzenen Lotmaterials infolge der Absorption der Energiestahlung erfolgt in einem durch den Strahldurchmesser der Energiestahlung bestimmten örtlich sehr begrenzten Bereich.

Das erfindungsgemäße Verfahren realisiert bei Verwendung einer Lotpaste, die ein Flußmittel enthält, das Aufbrechen einer gegebenenfalls vorhandenen Oberflächenoxidschicht und die Benetzung mit einem definiert geformten Lothöcker auf der oxidfreien Oberfläche in einem einzigen Prozeßschritt, wobei gleichzeitig eine gute Haftung auf dieser Oberfläche erreicht wird. Das bedingt den weiteren Vorteil, daß nicht nur die Herstellung eines einzelnen Lothöckers sehr schnell ausführbar ist, sondern unterstützt durch die hohe Ablenkgeschwindigkeit, mit der der Energiestrahle über die mit Lothöckern zu versehende Oberfläche bewegbar ist, auch die Herstellung mehrerer Lothöcker auf dieser Oberfläche.

Generell ist das erfindungsgemäße Verfahren auf alle bekannten Lotlegierungen, wie etwa Blei-Zinn-Legierungen, Gold-Zinn-Legierungen, Zinn-Silber-Legierungen oder Indium-Legierungen, anwendbar.

Darüber hinaus ist das erfindungsgemäße Verfahren wegen seiner Einfachheit sehr gut geeignet für die Kleinserien- und Prototypenfertigung sowie das Single-Chip-Processing. Weiterhin ist das erfindungsgemäße Verfahren grundsätzlich überall dort günstig einsetzbar, wo kleine Substratflächen zu prozessieren sind.

Nachfolgend wird das erfindungsgemäße Verfahren anhand von Zeichnungen an Ausführungsbeispielen beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 Siliziumsubstrat mit lötlarer Metallisierungsschicht und darüber angeordnetem mit Lotmaterial beschichtetem Träger während dem Aufschmelzen und Ausbilden einer Lotperle;

Fig. 2 Siliziumsubstrat mit lötlarer Metallisierungsschicht und darauf erzeugtem Lothöcker;

Fig. 3 Siliziumsubstrat mit lötlarer Metallisierungsschicht und aufgebrachter Lotpaste während dem Aufschmelzen und Ausbilden einer Lotperle;

Fig. 4 Siliziumsubstrat mit lötlarer Metallisierungsschicht und darauf erzeugtem Lothöcker sowie der noch verbliebenen restlichen Lotpaste.

Bei einem ersten Ausführungsbeispiel (vgl. Fig. 1) befindet sich auf einem Siliziumsubstrat (1) (oder einem Quarzsubstrat) eine ca. 1 µm dicke, strukturierte Aluminiumschicht (2), die in den Randbereichen Anschlußflächen besitzt. Die Aluminiumschicht ist mit einer Oxidschicht (3) überzogen.

In vorgelagerten Prozeßschritten wird die nicht- oder schwerlötlare, oxidierte Aluminiumschicht einer Anschlußfläche mit einer Nickel-Gold-Metallisierung lötlar gemacht. Dazu wird im besonderen die mit einem Bekeimungsmaterial, z. B. einer Nickel-Chrom-Legierung, beschichtete Seite eines Glasträgers in direkten Kontakt zum Siliziumsubstrat und der darauf befindlichen Aluminiumschicht (mit Oxidschicht) gebracht. Das Bekeimungsmaterial ist als 20 nm—500 nm dicke Schicht aufgebracht. Die Glasplatte ist nahezu planparallel, wobei Abweichung n von höchstens 10 µm bis 20 µm auf 1 cm Länge tolerierbar sind.

Auf der der Bekeimungsschicht gegenüberliegenden Seite des Glasträgers wird Laserstrahlung beaufschlagt.

Als Laserstrahl dient der Lichtstrahl eines Nd:YAG-Lasers. Der Nd:YAG-Laser besitzt eine Impulsrate von 1 kHz–100 kHz und eine mittlere Ausgangsleistung von 5 mW–200 mW. Der Laserstrahl wird durch die Glasplatte hindurch auf die Bekeimungsschicht fokussiert, wobei der Gauß-Radius des Laserstrahles ca. 3 µm–20 µm beträgt. Nach dem Durchdringen der Trägerplatte erreicht die energiereiche Strahlung die Materialschicht und tritt mit dieser in Wechselwirkung, wobei die bestrahlte Materialschicht verdampft und durch Kondensation auf der gegenüberliegenden Oberfläche abgeschieden wird. Während dieses Materialtransfers kommt es zu einer Oberflächenmodifikation der zunächst nicht- oder nur sehr schwer lötbaren Oberfläche, auf der ein Lothöcker erzeugt werden soll. Es wird ein Aufbrechen der Oxidschicht und die Bildung einer lötbaren Mischung oder/und Legierung von Oberflächen- und Transfermaterial mit guter Haftung erzielt. Durch einen direkten Kontakt von Trägerplatte und Siliziumsubstrat wird ein Überdampfen des Bekeimungsmaterials vermieden, wodurch scharfe Konturen der erzeugten Metallisierungsschicht erhalten werden. Bei größeren Anschlußflächen wird der gesamte mit einer lötbaren Metallisierungsschicht zu versiehende Bereich durch flächendeckendes Abscannen mit dem Laserstrahl mit Bekeimungsmaterial beschickt. Der so erhaltene modifizierte und aktivierte Oberflächenbereich der Anschlußfläche wird nachfolgend in Metallisierungsbädern mit einer lötbaren Nickelschicht und danach mit einer Goldschuttschicht versehen.

Auf diese lötbare Metallisierungsschicht (4) (siehe Fig. 1) aus Nickel mit einem Goldüberzug wird zum Zwecke der Herstellung eines Lothöckers ein zweiter Glsträger (5) mit einer 20 µm dicken Lotschicht (6) (z. B. annähernd eutektisches Blei/Zinn-Lot) aufgelegt, wobei sich diese Lotschicht in direktem Kontakt mit der lötbaren Metallisierungsschicht (4) befindet. Im Bereich der lötbaren Metallisierungsschicht (4) der Anschlußfläche wird die Lotschicht mit der den Glsträger durchdringenden Lichtstrahlung (Symmetrieachse (7)) eines im CW (continuous wave)-Betrieb arbeitenden Nd:YAG-Lasers (Leistung 0,5 W–5,0 W, Gauß-Radius 20 µm–500 µm) erhitzt und zum Schmelzen gebracht. Das aufgeschmolzene Lotmaterial bildet durch Oberflächenspannung eine Lotperle (8) und benetzt die lötbare Metallisierungsschicht der Anschlußfläche unter Ausbildung eines wohlgeformten Lothöckers (9). Lötstoppmasken sind dabei nicht erforderlich. In Fig. 1 ist die Lotschicht auf dem Glsträger in einem geringen Abstand zur Anschlußfläche gezeichnet, damit das Ausbilden der Lotperle und deren Benetzung auf der lötbaren Metallisierungsschicht der Anschlußfläche deutlicher hervortritt. Während der Nd:YAG-Laser in Fig. 1 nicht eingezeichnet ist, wird sein ausgesandter und fokussierter Lichtstrahl durch zwei Linien (10) verdeutlicht, bei denen die Lichtintensität auf den 1/e<sup>2</sup>-ten Teil der Intensität auf der Symmetrieachse (7) des Lichtstrahls abgefallen ist. Fig. 2 zeigt den auf der lötbaren Metallisierungsschicht (4) der Anschlußfläche ausgebildeten, geometrisch wohlgeformten Lothöcker (9).

Bei diesem Ausführungsbeispiel wird ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens daran deutlich, daß für die Lötbarmachung der zunächst nichtlötbaren Anschlußfläche die gleiche Apparatur verwendet wird wie für die nachfolgende Lothöckerherstellung. Denn der Nd:YAG-Laser muß nur zwischen Pulsbetrieb (für die Bekeimung) und CW-Betrieb (für das Lotmaterialaufbringen) umgeschaltet und in seinem Strahl-

durchmesser angepaßt werden, was ohne mechanischen Aufwand und sehr schnell durchführbar ist. Daneben muß lediglich die Glsträgerplatte, die zuerst mit einer dünnen Schicht aus Bekeimungsmaterial versehen und hernach mit der vergleichsweise dicken Lotmaterialschicht beschichtet ist, ausgewechselt werden. Dieses Auswechseln ist schnell und einfach möglich, da keine großen Massen oder Gerätschaften bewegt werden müssen.

In einem zweiten Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens wird auf die lötbare Metallisierungsschicht (4) aus Nickel mit einem Goldüberzug zum Zwecke der Herstellung eines Lothöckers zunächst eine 400 µm dicke Lotpastenschicht (11) (z. B. annähernd eutektisches Blei/Zinn-Lot) aufgebracht (Fig. 3). Die Lotpastenschicht wird im Bereich der lötbaren Metallisierungsschicht der Anschlußfläche durch einen Nd:YAG-Laser der Leistung 1 W–15 W und einem Gauß-Radius von ca. 50 µm–1000 µm kontinuierlich bestrahlt. Während der Nd:YAG-Laser in Fig. 3 nicht eingezeichnet ist, wird sein ausgesandter und fokussierter Lichtstrahl durch zwei Linien (12) verdeutlicht, bei denen die Lichtintensität auf den 1/e<sup>2</sup>-ten Teil der Intensität auf der Symmetrieachse (13) des Lichtstrahls abgefallen ist. Das aufgeschmolzene und durch die Oberflächenspannung in der Umschmelzzone (14) zu einer Lotperle zusammengezogene Lotmaterial benetzt die Anschlußfläche und trennt sich von der nichtaufgeschmolzenen Lotpaste (15) ab. Auf der lötbaren Metallisierungsschicht der Anschlußfläche bildet sich ein wohlgeformter Lothöcker (16) aus (Fig. 4). Die außerhalb des Lothöckers noch verbliebene Lotpaste (15) wird in bekannter Weise abgespült, sobald alle gewünschten Anschlußflächen mit Lothöckern versehen sind. Zur Positionierung des Lichtstrahles für die Herstellung mehrerer Lothöcker nacheinander ist der Lichtstrahl mit einer Geschwindigkeit bis etwa 1 m/s durch Ablenkeinrichtungen bewegbar.

In einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Lotpaste strukturiert aufgedruckt, wobei die Größen bzw. Durchmesser der auf den Anschlußflächen aufgedruckten Lotpastenschichten dem Laserstrahldurchmesser angepaßt sind, also etwa dem doppelten Gauß-Radius entsprechen. Das spart Lotpastenmaterial und erleichtert den Spülschritt, falls das gesamte aufgebrachte Lotmaterial umgeschmolzen wird.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Lothöckern auf einem oder mehreren vorbestimmten, lötbaren oder nicht lötbaren Bereichen einer Oberfläche, insbesondere elektrischer Anschlußflächen, wobei Lotmaterial für die herzustellenden Lothöcker in unmittelbarer Nähe der mit Lothöcker zu versehenen Oberflächenbereiche gebracht wird und ferner dieses Lotmaterial mit energiereicher Strahlung in einem oder mehreren örtlich begrenzten Gebieten aufgeschmolzen wird, dadurch gekennzeichnet, daß das in einem örtlich begrenzten Gebiet aufgeschmolzene und durch die Oberflächenspannung zu einer Lotperle sich zusammenziehende Lotmaterial einen vorbestimmten Oberflächenbereich benetzt, wobei ein Lothöcker aus gebildet wird, dessen Form zur Herstellung einer Lötverbindung besonders gut geeignet ist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,

- zeichnet, daß das Lotmaterial als feinkörnige Lotpaste auf einen oder mehrere Oberflächenbereiche schichtförmig aufgetragen wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem oxidierten und damit nicht oder schwer lötbaren Oberflächenbereich ein in der Lotpaste enthaltenes Flußmittel die Oxidschicht aufricht und eine Benetzung des oxidfreien Oberflächenbereiches durch das Lotmaterial gestattet.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Lotpastenschicht  $100\text{ }\mu\text{m}$ — $1000\text{ }\mu\text{m}$  dick ist und aus einer der bekannten Lotlegierungen besteht.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die auf einen Oberflächenbereich aufgebrachte Lotpastenschicht in ihren Querschnittsabmessungen der Strahlquerschnittsgeometrie der energiereichen Strahlung angepaßt wird, insbesondere die Größenordnung des Durchmessers der Lotpastenschicht etwa dem doppelten Gauß-Radius der energiereichen Strahlung entspricht.
6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei nicht oder schwer lötbaren Oberflächenbereichen in einem oder mehreren vorgelagerten Verfahrensschritten lötbare oder gut lötbare Oberflächenbereiche hergestellt werden.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß in einem vorgelagerten Verfahrensschritt ein lötbarer oder gut lötbarer Oberflächenbereich hergestellt wird, indem eine Oberflächenmodifikation durch den Transfer eines geeigneten Materials vorgenommen wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberflächenmodifikation ein Aufbrechen der Oxidschicht und die Bildung einer lötbaren Mischung oder/und Legierung von Oberflächen- und Transfermaterial bewirkt.
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Transfermaterial auf der den Oberflächenbereichen zugewandten Seite eines Transfermaterialträgers schichtförmig aufgebracht ist und daß der mit Transfermaterial beschichtete Träger in unmittelbarer Nähe zu den Oberflächenbereichen angeordnet wird.
10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Transfermaterial auf dem Transfermaterialträger vor dem Transfer in einem örtlich begrenzten Gebiet in direkten Kontakt mit dem diesem örtlich begrenzten Gebiet zugehörigen Oberflächenbereich gebracht wird.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß in mehreren vorgelagerten Verfahrensschritten ein lötbarer oder gut lötbarer Oberflächenbereich hergestellt wird, indem der durch Materialtransfer modifizierte und aktivierte Oberflächenbereich nachfolgend in einem oder mehreren Metallisierungsbädern mit einer oder mehreren zusätzlichen lötbaren Schichten versehen wird.
12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß durch die Metallisierungsbäder eine Nickelschicht und danach eine Goldschuttschicht aufgebracht werden.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß das Lotmaterial auf der den Oberflächenbereichen zugewandten Seite eines Lotmaterialträgers schichtförmig aufgebracht ist und daß der mit Lotmaterial beschichtete Träger in unmittelbarer Nähe zu den Oberflächenbereichen angeordnet wird.
14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Lotmaterial auf dem Lotmaterialträger vor dem Aufschmelzen des Lotmaterials in einem örtlich begrenzten Gebiet in direkten Kontakt mit dem diesem örtlich begrenzten Gebiet zugehörigen Oberflächenbereich gebracht wird.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Lotmaterialschicht auf dem Lotmaterialträger  $20\text{ }\mu\text{m}$ — $500\text{ }\mu\text{m}$  dick ist und aus einer der bekannten Lotlegierungen besteht.
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Lotmaterialträger das Strahlprofil und/oder die Ausbreitungsrichtung der energiereichen Strahlung nahezu unverändert läßt.
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß der Lotmaterialträger das Strahlprofil der energiereichen Strahlung durch Fokussierung beeinflusst und/oder die Ausbreitungsrichtung der energiereichen Strahlung verändert.
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß der Lotmaterialträger immer über demjenigen Oberflächenbereich positioniert wird, auf dem fortan ein Lothöcker erzeugt wird.
19. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß der Lotmaterialträger von der energiereichen Strahlung durchdrungen wird und daß der Lotmaterialträger die energiereiche Strahlung wenig absorbiert.
20. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß ein örtlich begrenztes Gebiet, in dem Lotmaterial aufgeschmolzen wird, durch die Strahlquerschnittsgeometrie der energiereichen Strahlung und/oder Blendeneinrichtung n für die energiereiche Strahlung bestimmt wird.
21. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß die energiereiche Strahlung durch Blenden und/oder eine Fokussiereinrichtung so beeinflusst wird, daß in der Lotmaterialschicht ein kleiner Strahldurchmesser mit einer hohen Leistungsdichte resultiert.
22. Verfahren nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß die energiereiche Strahlung jeden mit einem Lothöcker zu versehenen Oberflächenbereich durch Positioniereinrichtungen und/oder Ablenkeinrichtungen erreicht.
23. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß als energiereiche Strahlung kontinuierlich ausgestrahltes Licht eines Lasers eingesetzt wird.
24. Verfahren nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß die Relativgeschwindigkeit, mit der der Laserstrahl über die mit Lothöcker zu versehende Oberfläche bewegt wird, bis ca.  $1\text{ m/s}$  beträgt, wobei dazu vorzugsweise galvanooptische Ablenkeinrichtungen verwendet werden.
25. Verfahren nach einem der Ansprüche 23 oder 24, dadurch gekennzeichnet, daß als Lotmaterialträger eine planparallele Glasplatte verwendet wird.
26. Vorrichtung zur Herstellung von Lothöckern

nach einem der Ansprüche 1 bis 25, bestehend aus einer Energiequelle, die eine energiereiche Strahlung aussendet, und Lotmaterial, das sich in unmittelbarer Nähe zu den Oberflächenbereichen befindet, dadurch gekennzeichnet, daß das Lotmaterial 5 derart angeordnet ist, daß ein Oberflächenbereich mit einer durch die energiereiche Strahlung aus dem Lotmaterial aufgeschmolzenen Lotmaterialperle benetzbar ist.

27. Vorrichtung nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, daß eine Einrichtung zur Strahlformung der energiereichen Strahlung eingesetzt ist und/oder daß zur Strahlführung Positionier- und/oder Strahlableitvorrichtungen benutzt sind. 10

28. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 26 oder 27, dadurch gekennzeichnet, daß das Lotmaterial als Lotpastenschicht auf den Oberflächenbereichen aufgebracht ist oder daß ein mit Lotmaterial beschichteter Lotmaterialträger verwendet wird. 15

29. Vorrichtung nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, daß die mit Lotmaterial beschichtete Seite des Lotmaterialträgers in direktem Kontakt mit einem Oberflächenbereich steht und der Lotmaterialträger in seiner Lage, insbesondere durch eine Ansaugvorrichtung, fixiert ist. 20

30. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 26 bis 29, dadurch gekennzeichnet, daß das Lotmaterial aus einer Blei-Zinn-Legierung oder einer anderen bekannten Lotlegierung besteht. 25

31. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 26 bis 30, dadurch gekennzeichnet, daß als Energiequelle ein Laser, insbesondere ein Nd:YAG-Laser, eingesetzt ist. 30

32. Vorrichtung nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, daß ein Lotmaterialträger für das Lotmaterial eingesetzt und als planparallele Glasplatte ausgebildet ist. 35

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -



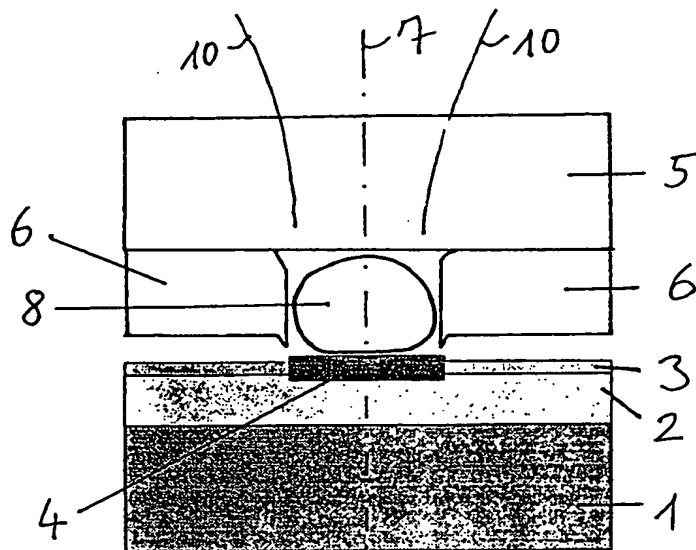


Fig. 1

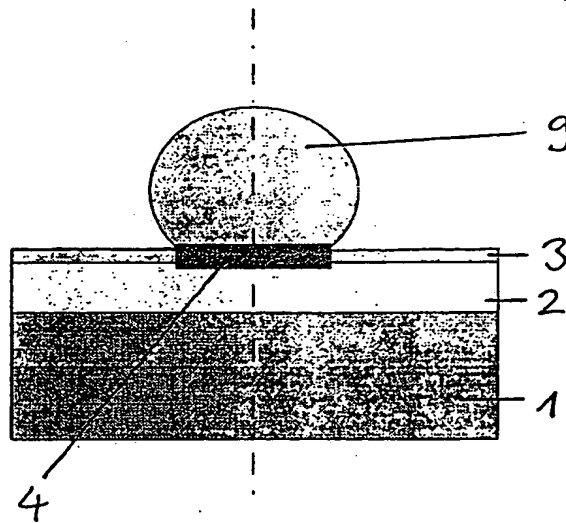


Fig. 2

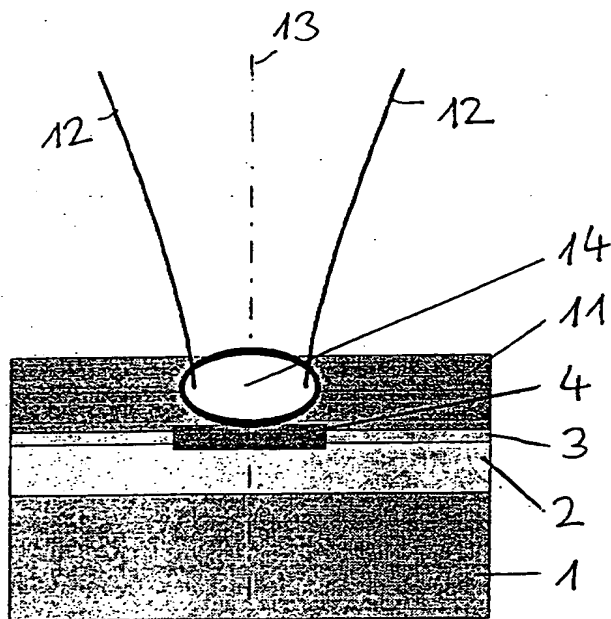


Fig. 3

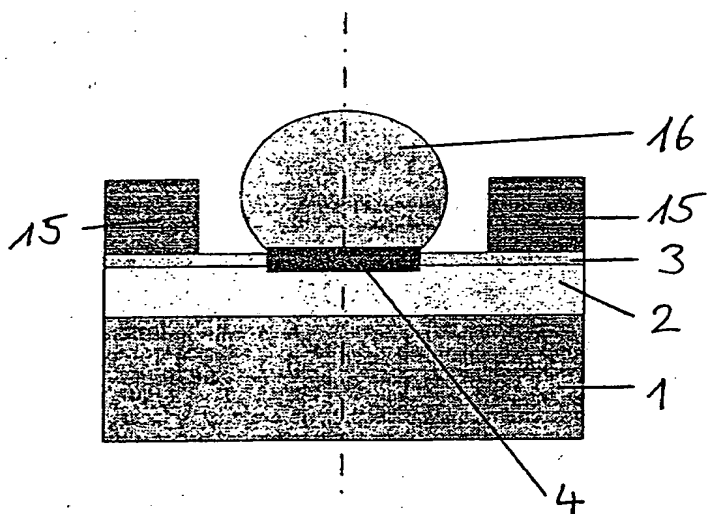


Fig. 4